

File 351:Derwent WPI 1963-2001/UD,UM &UP=200112

(c) 2001 Derwent Info Ltd

\*File 351: Price changes as of 1/1/01. Please see HELP RATES 351.

72 Updates in 2001. Please see HELP NEWS 351 for details.

S5 1 PN=DE 3826428

5/5/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

008158733

WPI Acc No: 1990-045734/199007

XRAM Acc No: C90-019906

Injection moulded components prodn. with heat-activated areas - by stretching to induce memory locally, temporally or at specified temp., reheating at certain temps. causing return to original shape

Patent Assignee: RXS SCHRUMPFTECH GARNITUREN (RXSS-N)

Inventor: KAUFER H; KIPFELSBER C

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 3826428	A	19900208	DE 3826428	A	19880803	199007 B

Priority Applications (No Type Date): DE 3826428 A 19880803

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 3826428	A		8		

Abstract (Basic): DE 3826428 A

Prodn. of thermoplastic components with heat-activated areas involves the impression of a memory of the original shape locally, temporally or at various temps. during a reshaping operation involving stretching of the material.

Heating of the pre-product to specified temps. results in a return to the original shape in a stepwise manner.

USE/ADVANTAGE - Articles produced by (A) can be used in mounting and joining technology as well as in control and automation areas. The process allows overlapping of several stretching operations.

0/7

Title Terms: INJECTION; MOULD; COMPONENT; PRODUCE; HEAT; ACTIVATE; AREA; STRETCH; INDUCE; MEMORY; LOCAL; TEMPORAL; SPECIFIED; TEMPERATURE; REHEAT; TEMPERATURE; CAUSE; RETURN; ORIGINAL; SHAPE

Derwent Class: A32

International Patent Class (Additional): B29C-043/24; B29C-047/20;

B29C-055/30; B29C-061/00

File Segment: CPI

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

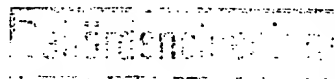


DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Off nl gungsschrift  
①1 DE 3826428 A1

②1 Aktenzeichen: P 38 26 428.5  
②2 Anmeld tag: 3. 8. 88  
④3 Offenlegungstag: 8. 2. 90

⑤1 Int. Cl. 5:  
B 29 C 61/00  
B 29 C 43/24  
B 29 C 47/20  
B 29 C 55/30  
// B29K 23:00,77:00,  
67:00



DE 3826428 A1

⑦1 Anmelder:  
RXS Schrumpftechnik-Garnituren GmbH, 5800  
Hagen, DE

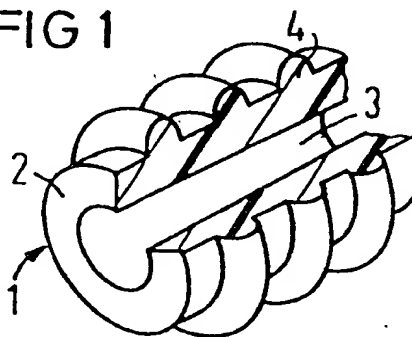
⑦4 Vertreter:  
Mehl, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder:  
Kipfelsberger, Christian, 8071 Hepberg, DE; Käufer,  
Helmut, Prof. Dr., 4020 Mettmann, DE

⑤4 Verfahren zur Herstellung thermoplastischer Artikel mit wärmeaktivierbaren Bereichen und nach dem Verfahren hergestellte wärmeaktivierbare Artikel

Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein Verfahren zur Herstellung thermoplastischer Artikel (1, 7), zumindest mit wärmeaktivierbaren Bereichen, denen ein Formgedächtnis zur Gestaltsänderung eingeprägt wird. Die Einprägung des Formgedächtnisses durch entsprechende Umformung eines Vorprodukts erfolgt örtlich, zeitlich oder bei verschiedenen Temperaturen versetzt. Auf diese Weise lassen sich kontinuierliche Abläufe von Rückverformungen schaffen, wobei das Einprägen des Formgedächtnisses schrittweise erfolgt.

FIG 1



DE 3826428 A1

Bei der Erfindung handelt es sich um ein Verfahren zur Herstellung thermoplastischer Artikel mit wärmeaktivierbaren Bereichen, wobei in diesen Bereichen durch Einbringung von Molekülorientierungen infolge von Umformungen bei erhöhter Temperatur und durch anschließende Fixierung ein Formgedächtnis zur Gestaltänderung eingeprägt wird. Weiterhin handelt es sich bei der Erfindung um wärmeaktivierbare Artikel, die nach einem solchen Verfahren hergestellt werden.

Aus der europäischen Patentanmeldung 02 41 776 ist ein Verfahren zur Herstellung eines thermoplastischen Kunststoffteils mit Formgedächtnis bekannt, bei dem das Formgedächtnis durch ein Preßbreckverfahren eingeprägt wird. Durch dieses Verfahren werden in einem Vorformling in formstabilem Zustand unter Druckeinwirkung Molekülorientierungen eingebracht, die bei einer bestimmten Temperatur fixiert werden. Bei späterer Wärmezufuhr verformt sich dieses zwangsweise verformte Teil und versucht seine ursprüngliche Form wieder zu erlangen.

Eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist nun, Verfahren zur Herstellung thermoplastischer Artikel mit Formgedächtnis zu schaffen, mit denen in einfacher Weise die Ausgangsprodukte so verformt werden, daß die bei späterer Erwärmung gewünschten Rückstellverformungen in gezielter Wirkrichtung ablaufen.

Weiterhin ergibt sich eine zweite Aufgabe, wärmeaktivierbare Artikel mit Hilfe dieser Verfahren zu schaffen, bei denen Rückverformungen in gezielt ablaufenden Schritten zur endgültigen Form führen. Die erste Aufgabe wird nun mit einem Verfahren der eingangs erläuterten Art dadurch gelöst, daß das Einprägen des Formgedächtnisses durch die Umformungen zumindest in Teilbereichen des Artikels örtlich und/oder zeitlich und/oder bei verschiedenen Temperaturen versetzt durchgeführt wird. Die zweite Aufgabe gemäß der Erfindung wird beispielsweise mit einem ersten wärmeaktivierbaren Artikel nach Anspruch 35 und auch mit einem zweiten wärmeaktivierbaren Artikel nach Anspruch 36 gelöst.

Vorteile gegenüber dem Stand der Technik bietet das Verfahren gemäß der Erfindung dadurch, daß die thermoplastischen Teile bzw. Bereiche von diesen Teilen mit wärmeaktivierbaren Gestaltänderungsvermögen durch Überlagerung mehrerer Reckvorgänge hergestellt werden können. Mit Hilfe des Verfahrens gemäß der Erfindung lassen sich thermoplastische Teile bzw. Bereiche von diesen thermoplastischen Teilen herstellen, die sich bei späterer Erwärmung zu beliebig dreidimensional geformten Körpern ausbilden können, wobei die bei der Erwärmung angenommene Gestalt vorher gezielt festgelegt werden kann. Die Herstellung dieser endgültigen Bauteile erfolgt mit Hilfe von thermoplastischen Vorprodukten, die dann im festen Zustand mittels Reckverfahren umgeformt werden. Dabei werden in Abhängigkeit von der Herstellung des thermoplastischen Vorproduktes und der beim Reckumformen angewandten Verfahren und Parameter Molekülorientierungen und Molekülstrukturen so eingebracht, daß die Teile oder Bereiche davon bei Erwärmung die Gestalt ändern. Diese Gestaltänderung kann dabei je nach der Herstellungsvorgeschichte örtlich, zeitlich und bei verschiedenen Temperaturen versetzt und mehrstufig in jeder beliebigen vorher festgelegten Richtung und Ebene ablaufen. Die nach der Erwärmung angenommene Gestalt bzw. der dazu durchgeführte Bewegungsvorgang und die da-

bei frei werdenden molekularen Kräfte erlauben vielfältige und bisher nicht bzw. kaum mögliche Anwendungen. So ergeben sich besondere Vorteile für die Anwendung solcher thermoplastischer Artikel gemäß der Erfindung in der Montage- und Fügetechnik sowie in der Steuerungs- und Automatisierungstechnik. Außerdem ergeben sich bei der Konstruktion von neuen thermoplastischen Formteilen mit wärmeaktivierbaren Gestaltgedächtnissen neue Gesichtspunkte, die den bisherigen Anwendungsbereich wesentlich erweitern.

So läßt sich beispielsweise die aktivierbare Gestaltsänderung so ausbilden, daß die Formänderung des Teils oder Bereiche davon einem Schrumpfen entspricht. Eine andere wärmeaktivierbare Gestaltsänderung kann darauf hinaus ausgerichtet werden, daß bei dem entsprechenden Formteil eine Biegung oder ein Abknicken auch von Teilen davon bei der späteren Wärmeeinwirkung erfolgt. Eine andere Gestaltungsänderung läßt sich so ausführen, daß sich eine Verlängerung oder eine Verdickung des Bauteils bzw. eines Teils davon ergibt. Selbstverständlich lassen sich auch Variationen der soeben angedeuteten wärmeaktivierbaren Gestaltsänderungen durchführen, so daß sich eine Vielzahl von Variationen ergibt.

So läßt sich die Gestaltänderung wie bereits beschrieben, durch eingebrachte Molekülorientierungen und Molekülstrukturen bewirken, die beispielsweise durch ein Reckverfahren eingebracht werden. Diese Prozedur erfolgt insbesondere durch Umformen des Artikels im festen Zustand, das heißt bei einer Temperatur die unterhalb des Schmelzpunktes des Artikelmaterials liegt. Derartige Molekülorientierungen lassen sich beim Umformen insbesondere nach dem Preßbreck-, Walzpreßbreck-, Ziehreck- und Blasreckverfahren oder Kombinationen dieser Verfahren herstellen. Diese verschiedenen Verfahren lassen sich je nach Bedarf und Gestaltung der umzuformenden Formlinge auswählen, so daß jeweils die günstigste Herstellungsweise gefunden werden kann. So lassen sich beispielsweise Verfahren nach der gleichen Art mehrmals anwenden oder es werden verschiedene Verfahren überlagert, wobei örtlich gleiche oder verschiedene Bereiche des Artikels mit gleichen oder unterschiedlichen Verfahrensparametern umgeformt werden können. Eine Einprägung des Formgedächtnis in verschiedenen Stufen, beispielsweise in verschiedenen Temperaturstufen, führt schließlich dazu, daß die Rückverformung des Artikels bei späterer Erwärmung auch wieder bei diesen Einprägungstemperaturen erfolgt. Somit läßt sich also nach dem Verfahren der Erfindung eine mehrstufige Rückverformung erreichen, die je nach Parameter entweder zeitlich, örtlich oder bezüglich der Temperaturhöhe versetzt ist, wie in einem Ausführungsbeispiel später näher erläutert wird. Weiterhin läßt sich die Ausbildung der wärmeaktivierbaren Molekülorientierungen und Molekülstrukturen durch die Wahl des Werkzeugmaterials bzw. der Werkzeugauskleidung, wie zum Beispiel Stahl, Kupfer-Beryllium, Polytetrafluorethylen und dergleichen gezielt beeinflussen.

Das Umformen bzw. Recken des Vorproduktes kann beispielsweise auch im Urformprozeß des thermoplastischen Artikels mit integriert sein, so daß sich der wärmeaktivierbare Artikel mehr oder weniger in einem Arbeitsgang bzw. einem Werkzeug herstellen läßt. So ist es beispielsweise möglich, den thermoplastischen Artikel im Spritzgießverfahren in einer Form herzustellen und darin im Anschluß sogleich nach dem Preßbreckverfahren umzuformen. Ebenso ist es möglich, das Umformen

an bereits hergestellten Vorprodukten extern durchzuführen. Die Artikel gemäß der Erfindung können aus allen Thermoplasten hergestellt werden, besonders eignen sich hierfür jedoch Polyethylen, Polypropylen, Polyoximethylen, Polyethylenterephthalat sowie Polyamid. Die Herstellung solcher Artikel kann jedoch auch aus flüssigkristallinen Kunststoffen (liquid crystal polymers) oder aus Compounds mit flüssig kristallinen Kunststoffen und einem Thermoplasten, wie vorzugsweise einem Polyamid oder Polyester, hergestellt werden.

Im übrigen lassen sich die wärmeaktivierbaren Artikel bzw. die Vorprodukte zum Erzielen bestimmter Gestaltänderungseffekte auch mit entsprechenden Verstärkungen, zum Beispiel aus Glasfasern, metallischen Einlagen und dergleichen, versehen. Auf diese Weise können beispielsweise besonders stabile Bereiche gestaltet werden. Besondere Gestaltveränderungseffekte lassen sich auch mit Füllstoffen wie zum Beispiel Metall-, Quarzpulvern und dergleichen erreichen, mit denen sich beispielsweise auch die Wärmeleitung innerhalb des Artikels gezielt beeinflussen läßt. Gestaltänderungseffekte ergeben sich auch bei einem Aufbau des Artikels in Sandwichbauweise, wenn mehrere Schichten verschiedener Gestaltung, verschiedener Materialien und verschiedener aktivierbarer Formänderungsbereiche aufeinander gebracht werden. Besondere Effekte lassen sich beispielsweise mit Hilfe thermoplastischer Teile in Wabenstruktur oder auch als Schaumstoff mit eingebetteter, gereckter thermoplastischer Matrix herstellen.

Die Vorprodukte für die wärmeaktivierbaren Artikel werden nach den üblichen Verfahren, wie zum Beispiel durch Spritzgießen, Extrudieren und ähnlichen Verfahren aus thermoplastischen Material hergestellt. Ebenso ist es möglich, für die Vorprodukte gepreßte oder gegossene Platten, Profile oder dergleichen zu verwenden, die durch mechanische Bearbeitung zur Urform gestaltet werden. Weiterhin können zusammengesetzte Vorprodukte im Mehrkomponentenspritzgußverfahren oder in einem Co- oder Mehrschichtextrusionsverfahren hergestellt werden, wobei beim Umformen nur eine oder auch sämtliche thermoplastischen Komponenten gereckt werden können. Generell ist für die Wirkungsweise bei den wärmeaktivierbaren Artikeln gemäß der Erfindung eine Vernetzung nicht nötig, doch können Teilbereiche oder auch das gesamte Teil vernetzt werden, wenn damit besondere Effekte erzielt werden sollen, wie zum Beispiel eine besonders starke Wärmewiderstandsfähigkeit.

Die Vorprodukte können so gestaltet werden, daß zum Beispiel beim Preßbreckwerkzeug alle vorgesehenen Strukturen für die Gestaltänderung in einem einzigen Preßvorgang erfolgen können. Die Vorprodukte können auch für das Umformen zum Einbringen besonderer Molekülorientierungen bzw. Molekülstrukturen mit konstruktiven Maßnahmen, wie zum Beispiel wechselnde Wanddicken, Rippen, Nuten, Bohrungen und dergleichen, versehen werden. Ein Ausführungsbeispiel erläutert später derartige Maßnahmen.

Zum Einbringen besonderer Molekülorientierungen und Molekülstrukturen können die Artikel oder Bereiche davon vor oder nach dem Umformen gezielt erwärmt oder abgekühlt werden, wobei die Erwärmung oder Abkühlung außerhalb des Umformwerkzeuges oder auch durch das Umformwerkzeug selbst erfolgen kann.

Schließlich lassen sich bei den wärmeaktivierbaren

Artikeln gemäß der Erfindung die bei der Gestaltänderung auftretenden Kräfte ebenfalls für besondere Effekte ausnützen. Diese Effekte sind besonders von Vorteil bei schwierigen Verbindungsproblemen zum Beispiel in der Montage- oder Fügetechnik. Durch diese Effekte können beispielsweise Rastverbindungen oder ähnliches hergestellt werden.

Die Erfindung wird nun anhand von sieben Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt das Vorprodukt für einen wärmeaktivierbaren Artikel in Form eines Dübels.

Fig. 2 zeigt den wärmeaktivierbaren Artikel in seiner Gebrauchsform.

Fig. 3 zeigt die Anwendung des beschriebenen Dübels.

Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung als Klammerelement in seiner Vorform.

Fig. 5 zeigt den aktivierbaren Artikel nach Fig. 4 in einem ersten Umformschritt.

Fig. 6 zeigt den wärmeaktivierbaren Artikel nach Fig. 4 nach seinem letzten Umformschritt.

Fig. 7 zeigt den schematischen Ablauf bei der Rückformung des wärmeschrumpfenden Artikels nach den Fig. 4 bis 6.

Die Fig. 1 zeigt als Vorprodukt für einen Dübel 1 eine Hülse 2 aus thermoplastischem Material mit einer Längsöffnung 3. Am äußeren Umfang sind mehrere umlaufende rippenförmige Ringe angeformt. Dieses Vorprodukt läßt sich beispielsweise durch Spritzgießen herstellen. Dieser Dübel 1 wird nun gemäß der Erfindung durch Umformung in der beschriebenen Weise weiter bearbeitet.

Die Fig. 2 zeigt den Dübel 1 in einer umgeformten Gebrauchsform 1a. Bei diesem Vorgang wurde das Vorprodukt nach Fig. 1 innen mit einem Dorn aufgeweitet und die äußeren Ringe wurden örtlich überlagert mit entsprechenden Schiebern des umgebenden Werkzeuges in den Hülsmantel 2a eingepreßt. Damit entstand im wesentlichen ein zylindrisches Formteil mit den entsprechenden Molekülorientierungen, das nun als Dübel problemlos in Bohrungen entsprechender Durchmesser eingebracht werden kann.

Die Fig. 3 zeigt nun bereits den endgültigen Zustand des Dübels nach erfolgter Rückverformung. Zunächst wurde jedoch die Schraube 5 in die erweiterte Innenbohrung 3a der Gebrauchsform nach Fig. 2 lose eingeführt. Anschließend wurde über die Schraube Wärme zugeführt, wodurch der Dübel zunächst noch in Gestalt nach Fig. 2 sich so rückbildet, daß er zum einen auf die Schraube 5 und deren einzelnen Gewindegänge 6 aufschumpft und sie dadurch fest einbettet und zum anderen sich selbst durch die Rückbildung der ursprünglichen Ringe 4 auf seiner Außenseite fixiert. Dieses Ausführungsbeispiel zeigt, daß durch die Wirkungsweise gemäß der Erfindung sich infolge einfacher Rückbildungen wesentliche Arbeitserleichterungen in verbesserter Ausführungsform ergeben können.

In den folgenden Figuren wird die Wirkungsweise gemäß der Erfindung in einem zweiten Ausführungsbeispiel in Form einer umfassenden Klammer nochmals näher erläutert.

Fig. 4 zeigt die umfassende Klammer 7, mit einem Grundschenkel 8, an den sich zunächst U-förmig zwei Seitenschenkel 9 anschließen. Diese Seitenschenkel 9 sind dann wiederum einwärts als Schließschenkel 10 abgelenkt. Dadurch entsteht ein Umfassungsraum, in welchem entsprechende Gegenstände, wie zum Beispiel Leitungen, zusammen gehalten werden können. In die-

ser Figur wird nun durch Pfeile 11 angedeutet, daß bei einer ersten Recktemperatur  $T_1$  die Schließschenkel 10 um  $90^\circ$  nach oben ausgeknickt werden. Dieses Vorprodukt besteht wiederum aus thermoplastischem Material geeigneter Konsistenz und ist zum Beispiel im Spritzgießverfahren hergestellt.

Die Fig. 5 stellt zunächst die Klammer 7 nach dem ersten Verfahrensschritt mit ausgeknickten Schließschenkel 10a dar und ist, wie die Figur zeigt, zunächst U-förmig ausgebildet, wobei die Maße der Urklammer noch unverändert sind. Nun wird in einem zweiten Umformschritt der Grundschenkel 8 bei einer Umformtemperatur  $T_3$  entsprechend der angegebenen Pfeile 13 gedehnt, so daß dann die Basis der Klammer erweitert ist. Die dadurch eingebrachte Molekulantorientierung im Grundschenkel 8 wird wiederum entsprechend fixiert, das heißt über eine dem verwendeten Material entsprechende Fixierzeit hinweg werden die Zieh- und Temperaturverhältnisse beibehalten. Nach diesem zweiten Verformungsschritt werden die beiden Seitenschenkel 9 mit entsprechenden Druck- und Temperaturverhältnissen  $T_2$  in einem dritten Verformungsschritt entsprechend der angegebenen Pfeile 12 gedehnt und ebenfalls bei gleichbleibender Temperatur und bei gleichbleibenden Druckverhältnissen fixiert.

Die Fig. 6 verdeutlicht nun das End- bzw. Gebrauchsprodukt als wärmeaktivierbaren Artikel gemäß der Erfindung in Form einer Umformungsklammer 7. Wie angedeutet ist, sind sämtliche Schenkel entsprechend der vorangegangenen Verformungsschritte so verformt, daß sich die zu umfassenden Artikel 14, beispielsweise Leitungen, leicht einfügen lassen. Bei anschließender Wärmezufuhr auf diese Klammer 7 erfolgt die Rückbildung der einzelnen Schenkel und es wird versucht, die ursprüngliche Form wieder herzustellen. Dabei wird der zur Verfügung stehende Innenraum verengt und die eingelegten Artikel 14 werden fest umschlossen. Bei dieser wärmeaktivierbaren Klammer 7 wurden mehrere Verformungsschritte durchschritten, wobei in jedem Verformungsschritt eine andere Verformungs- und Fixiertemperatur gewählt wurde. Entsprechend der gewählten Temperaturstufen erfolgt beim Wiedererwärmen die Rückverformung ebenfalls bei den gewählten Temperaturstufen. Die einzelnen Gestaltänderungen laufen nun dem gewünschten Schließvorgang entsprechend kontinuierlich ab und umfassen schließlich engangliegend die eingesetzten Gegenstände.

Die Fig. 7 erläutert in einer schematischen Darstellung den Schließvorgang der Klammer 7 bei Durchlauf durch die einzelnen Temperaturstufen. Dabei ist erkennbar, daß bei der niedrigsten Temperaturstufe  $T_3$ , bei der zuvor die Dehnung des Grundschenkels 8 vorgenommen wurde, nun die Rückverformung des Grundschenkels 8 erfolgt, wie die Pfeile R 13 andeuten. Dies bedeutet, daß in diesem ersten Temperaturschritt die Basis der Klammer 7 wieder verengt wird. Bei steigender Temperatur und bei Erreichung der Temperatur  $T_1$ , bei der vorher das Aufknicken der Schließschenkel bewirkt wurde, knicken nun die Schließschenkel 10 wieder nach einwärts wie die Rückverformungspfeile R 11 anzeigen. Dadurch ist bereits wieder eine geschlossene Klammerform erreicht. Bei weiter steigender Temperatur bis auf den höchstgewählten Temperaturschritt  $T_2$ , bei dem vorher die Dehnung der Seitenschenkel 9 erfolgte, werden nun die Seitenschenkel wieder verkürzt, so daß letzten Endes die Klammer, soweit das Umfassungsgut es zuläßt, wieder ihre Ursprungsform erreicht hat.

Aus diesem Ausführungsbeispiel läßt sich erkennen, daß ein Arbeitsvorgang in verschiedene Teilvorgänge aufgeteilt werden kann, die im Gebrauchsfall zu einem kontinuierlichen Bewegungsablauf führen.

Die entsprechenden Temperaturstufen, wie sie bei der Erfindung angewendet werden, lassen sich auf den jeweilig ausgesuchten Thermoplasten sehr exakt und beliebig wählen und liegen zweckmäßigerweise zwischen Raumtemperatur und dem Erweichungs- bzw. Kristallitschmelzbereich. Dabei ist zu beachten, daß Temperaturstufen bei Raumtemperatur im Prinzip nicht geeignet sind, da sonst bereits bei der Lagerung der Gegenstände eine Schrumpfung eintreten würde. So kommen eigentlich Temperaturwerte erst ab  $50^\circ\text{C}$  sinnvoll in Frage. Der jeweils eingeprägte Schrumpfvorgang kann relativ genau auf  $\pm 2^\circ\text{C}$  bis  $\pm 5^\circ\text{C}$  ausgelöst werden und hängt ab von der "Vorgeschichte" der Einprägung, d.h. vom Umformverfahren, von der Methode der Wärmezufuhr, von der konstruktiven Auslegung des betreffenden Teils, sowie vom Material, aus dem das Teil besteht. Dies bedeutet, daß die Abstände der einzelnen Temperaturstufen ca.  $10^\circ\text{C}$  betragen sollten, wenn man eine sichere Trennung erhalten will.

So lassen sich beispielsweise bei einer Klammer nach Fig. 4 aus Polyoximethylen mit einem Kristallitschmelzbereich von  $165^\circ\text{C}$ – $170^\circ\text{C}$  fünf Bewegungsvorgänge mit den Temperaturstufen von  $50^\circ\text{C}$ ,  $75^\circ\text{C}$ ,  $100^\circ\text{C}$ ,  $125^\circ\text{C}$  und  $150^\circ\text{C}$  ausnutzen.

Wie die beiden gezeigten Ausführungsbeispiele andeuten, lassen sich auf diese Weise gemäß der Erfindung eine Vielzahl von Anwendungsbeispielen herstellen, die dem Grundgedanken des Hauptanspruches folgen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung thermoplastischer Artikel mit wärmeaktivierbaren Bereichen, wobei in diesen Bereichen durch Einbringung von Molekulantorientierungen infolge von Umformungen bei erhöhter Temperatur und durch anschließende Fixierung ein Formgedächtnis zur Gestaltsänderung eingepägt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Einprägen des Formgedächtnisses durch die Umformungen zumindest in Teilbereichen des Artikels örtlich und/oder zeitlich und/oder bei verschiedenen Temperaturen versetzt durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Einprägen des Formgedächtnisses mehrstufig erfolgt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformungen durch Preßbrecken erfolgen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformungen durch Walzpreßbrecken erfolgen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformungen durch Ziehbrecken erfolgen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformungen durch Blasbrecken erfolgen.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformungen durch Kombinationen von Verfahren nach einem oder mehreren Kennzeichen der Ansprüche 3 bis 6 erfolgen.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Umform-

men im festen Zustand des thermoplastischen Artikels vorgenommen wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verfahrensart nach einem der Ansprüche 3 bis 7, mehrfach hintereinander angewendet wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß verschiedene Verfahrensarten nach einem der Ansprüche 3 bis 7 überlagert werden, wobei örtlich gleiche oder verschiedene Bereiche des Artikels mit gleichen oder unterschiedlichen Verfahrensparametern umgeformt werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einprägung des Formgedächtnisses so durchgeführt wird, daß die wärmeaktivierbare Gestaltsänderung einem Schrumpfen zumindest eines Teils des Artikels entspricht.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einprägung des Formgedächtnisses so durchgeführt wird, daß die wärmeaktivierbare Gestaltsänderung einem Biegen oder Abknicken zumindest eines Teils des Artikels entspricht.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einprägung des Formgedächtnisses so durchgeführt wird, daß die wärmeaktivierbare Gestaltsänderung einem Verlängern bzw. Verkürzen zumindest eines Teils des Artikels entspricht.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einprägung des Formgedächtnisses mit einer Kombination von Verfahrensschritten nach den Ansprüchen 11 bis 13 durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die durch das Umformen bedingten wärmeaktivierbaren Molekülorientierungen durch die Wahl des Werkzeugs bzw. Auskleidung des Werkzeugs gezielt beeinflußt werden, vorzugsweise Stahl, Kupfer, Beryllium, Polytetrafluorethylen etc.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Einprägen des Formgedächtnisses durch Umformung im Urformprozeß des Vorproduktes für den wärmeaktivierbaren Artikel integriert ist, vorzugsweise beim Spritzgießpreßrecken.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Einprägen des Formgedächtnisses an bereits fertiggestellten Vorprodukten vorgenommen wird.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Artikel aus jedem beliebigen Thermoplasten, zum Beispiel aus Polyethylen, Polypropylen, Polyamid oder ähnlichen Kunststoffen hergestellt werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Artikel aus flüssigkristallinen Kunststoffen, wie zum Beispiel liquid crystal polymers, hergestellt werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Artikel aus Compounds, wie z.B. aus einem Thermoplasten, vorzugsweise einem Polyamid oder Polyester mit flüssigkristallinen Kunststoffen, hergestellt werden.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Verstärkungen in die wärmeaktivierbaren Artikel eingelagert werden, vorzugsweise Glasfasern.

22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß verschiedene Gestaltveränderungseffekte durch Füllstoffe, wie zum Beispiel Metall- oder Quarzpulver, eingelagert werden.

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß verschiedene Gestaltänderungseffekte durch Sandwichbauweise hergestellt werden, wie zum Beispiel aus einer Schicht aus einem thermoplastischen Kunststoff mit einer eingebetteten gereckten thermoplastischen Matrix.

24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorprodukte für wärmeaktive Artikel durch Spritzgießen hergestellt werden.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorprodukte für wärmeaktive Artikel durch Extrusion hergestellt werden.

26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorprodukte für wärmeaktive Artikel aus Platten oder Profilen hergestellt werden, wobei eine mechanische Bearbeitung zur Formgebung mit angewendet wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß bei der jeweiligen Verfahrensart ein Mehrkomponentensystem verwendet wird, wie zum Beispiel Mehrschichtextrusion.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Mehrkomponentensystem die Umformung von nur einer Komponente vorgenommen wird.

29. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß alle Komponenten umgeformt werden.

30. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest Teile der wärmeaktiven Artikel vernetzt werden.

31. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beim Preßrecken erforderlichen Strukturen für die Gestaltsänderung in einem einzigen Werkzeug eingepreßt werden.

32. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die konstruktiven Maßnahmen für das Umformen zum Einbringen besonderer Molekülorientierungen und Molekülstrukturen vorgesehen werden, wie zum Beispiel das Einbringen von Rippen, Nuten, Bohrungen und dergleichen.

33. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zum Einbringen besonderer Molekülorientierungen und Molekülstrukturen zumindest Bereiche des Artikels vor und nach dem Umformen gezielt erwärmt oder abgekühlt werden, entweder im oder außerhalb des Umformwerkzeuges.

34. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest Bereiche der Artikel bei der Umformung so ausgebildet werden, daß die bei der Rückformung freierwerdenden Kräfte wirksam eingesetzt werden, vor-

zugsweise in der Montage- oder Fügetechnik.

35. Wärmeaktiverbarer Artikel, hergestellt nach einem Verfahren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Rohr aus thermoplastischem Material das Formgedächtnis derart eingeprägt ist, daß sich bei Wärmezufuhr der Innendurchmesser verkleinert und der Außendurchmesser vergrößert, wobei insbesondere die Außenoberfläche im Endzustand eine profilierte Struktur aufweist.

36. Wärmeaktivierbarer Artikel, hergestellt nach einem Verfahren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß eine U-förmige Klammer (7) aus thermoplastischem Material ein derartiges Formgedächtnis aufweist, das bei Wärmezufuhr ein Abknicken von Schließschenkeln (10) und Verkürzungen des Grundschenkels (8) und der Seitenschenkel (9) bewirkt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG 1

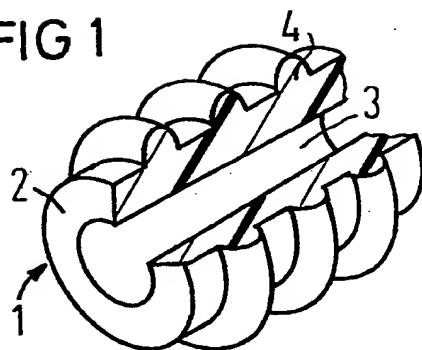


FIG 2

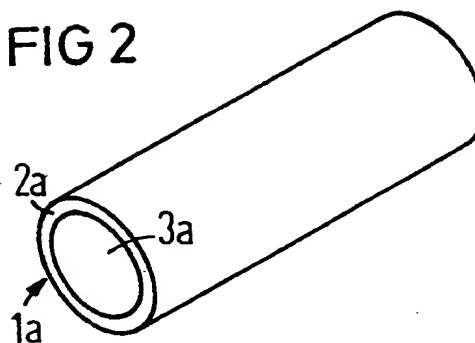


FIG 3

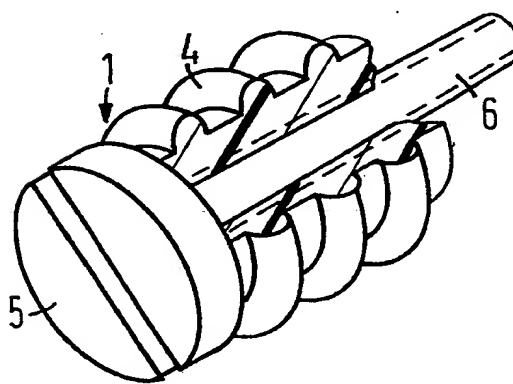


FIG 4

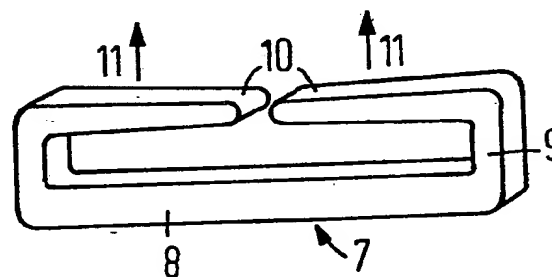


FIG 5

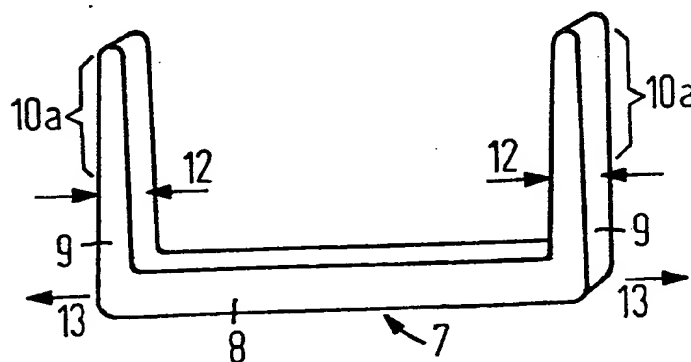




FIG 6

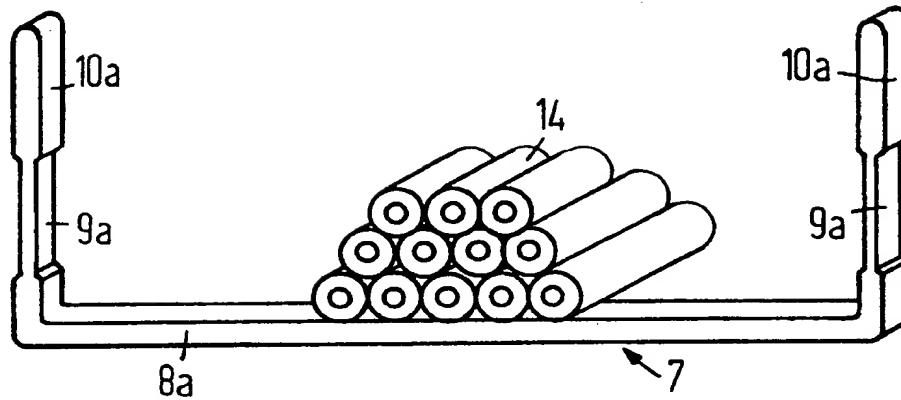


FIG 7

